

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-095136

(43)Date of publication of application : 07.04.1995

(51)Int.CI. H04B 7/005
 H03M 13/00
 H04L 27/01

(21)Application number : 06-121240 (71)Applicant : SAMSUNG ELECTRON CO LTD
 (22)Date of filing : 02.06.1994 (72)Inventor : CHOI YANG-SEOK

(30)Priority

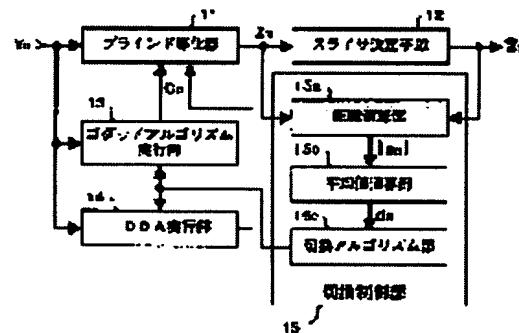
Priority number : 93 9309868 Priority date : 02.06.1993 Priority country : KR

(54) BLIND EQUALIZATION SYSTEM AND CONTROL METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a blind equalization system and the control method for controlling the conversion of mutual algorithm between the Godard algorithm and DDA so as to perform faster and more excellent equalization by adaptively performing the conversion between the Godard algorithm and the DDA and the conversion of a step size by the convergence degree of received signals in the blind equalization system used on the reception side of digital communication.

CONSTITUTION: A distance average value between equalized signals and decision points corresponding to the equalized signals on an array is calculated (15a and 15b), and when the distance average value is not smaller than a prescribed threshold value, the conversion to decision directed algorithm(DDA) 14 is performed and an equalization coefficient is calculated. When the distance average value is larger than a prescribed different threshold value, it is turned to the algorithm 13 and the equalization coefficient is calculated (15c).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.04.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3192873

[Date of registration] 25.05.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-95136

(43) 公開日 平成7年(1995)4月7日

(51) Int. Cl. ⁶
 H04B 7/005
 H03M 13/00
 H04L 27/01

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

7741-5K
8730-5J

9297-5K

H04L 27/00

K

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平6-121240

(22) 出願日 平成6年(1994)6月2日

(31) 優先権主張番号 93-9868

(32) 優先日 1993年6月2日

(33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 390019839

三星電子株式会社

大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416

(72) 発明者 崔洋碩

大韓民國京畿道水原市八達區梅灘洞416

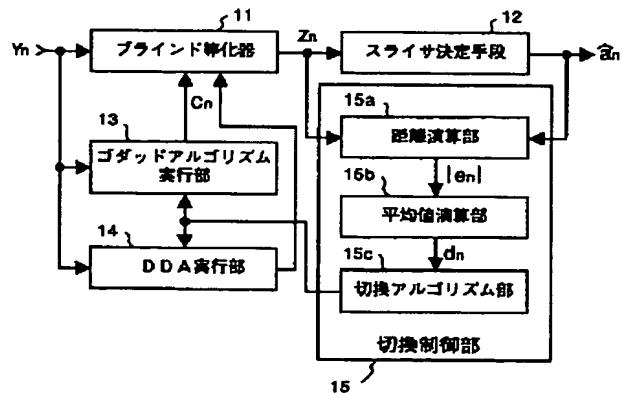
(74) 代理人 弁理士 大塚 康徳 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ブラインド等化システム及びその制御方法

(57) 【要約】

【目的】 デジタル通信の受信側に使われるブラインド等化システムにおいて、ゴダッドアルゴリズムとDDA間の転換及びステップサイズの変換が受信された信号の収束程度により適応的になされることによりさらに迅速かつ良好な等化が行われるように、ゴダッドアルゴリズムとDDA間の相互アルゴリズムの転換を制御するためのブラインド等化システム及びその制御方法を提供する。

【構成】 等化された信号と配列上で前記等化された信号に対応する決定ポイント間の距離平均値を算出し(15a, 15b)、距離平均値が所定のスレッショルド値より小さくなれば決定志向アルゴリズム (DDA) 14に転換して等化係数を計算する。距離平均値が所定の異なるスレッショルド値より大きければゴダッドアルゴリズム 13にして等化係数を計算する(15c)。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 デジタル通信の受信されたデータ信号を等化アルゴリズムにより発生される等化係数によってブラインド等化するためのブラインド等化システムの制御方法であつて、

前記等化係数のステップサイズを所定値に初期化する段階と、

前記ステップサイズにより位相エラーを問わずチャネル歪を取り除く第1アルゴリズムを所定回数ほど実行する初期等化段階と、

前記初期等化の第1アルゴリズムに対応するエラー値を用いて、前記ステップサイズを第1ステップサイズに変更する第1変更段階と、

前記変更された第1ステップサイズで前記第1アルゴリズムを実行し、前記第1ステップサイズを適応的に変更させる第1適応等化段階と、

前記第1適応等化段階の実行に対応して変化する第1転換決定変数値の大きさを第1基準値と比較する第1比較段階と、

前記第1比較段階の比較結果により、前記等化係数発生のためのアルゴリズムを第2アルゴリズムに転換する第1転換段階と、

前記第2アルゴリズムを実行して、第2アルゴリズムの実行によるエラー値を用いて前記ステップサイズを第2ステップサイズに変更する第2変更段階と、

前記変更された第2ステップサイズにより前記第2アルゴリズムを実行し、前記第2ステップサイズを適応的に可変させる第2適応等化段階と、

前記第2適応等化段階の実行に対応して変化する第2転換決定変数値の大きさを第2基準値と比較する第2比較段階と、

前記第2比較段階の比較結果により、前記等化係数発生のためのアルゴリズムを前記第2アルゴリズムから前記第1アルゴリズムに転換する第2転換段階とを含むことを特徴とするブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 2】 前記初期等化段階は、

前記第1アルゴリズムを実行する段階と、

前記第1アルゴリズムの実行回数を第3基準値と比較する第3比較段階と、

前記第3比較段階の比較結果により、前記初期化されたステップサイズを用いた第1アルゴリズムの実行を終了する段階とを含むことを特徴とする請求項1記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 3】 前記第1変更段階は、前記エラー値に反比例する値と、前記第1アルゴリズムのステップサイズの最大値とのうち、小さい値を第1ステップサイズに決定することを特徴とする請求項2記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 4】 前記第1適応等化段階は、

実行される前記第1アルゴリズムに対応する前記エラー 50

値を第1スレッショルド値と比較する段階と、

前記比較により前記エラー値が第1スレッショルド値より小さければ、前記第1アルゴリズムの実行回数により前記第1ステップサイズを減少させる段階と、
前記減少された第1ステップサイズを用いて前記第1アルゴリズムを実行する段階とを含むことを特徴とする請求項3記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 5】 前記第1比較段階は、前記比較により前記エラー値が第1スレッショルド値より大きいか等しければ、前記第1転換決定変数値を既に設定された大きさほど増加させる段階と、

前記増加された第1転換決定変数値を第1基準値と比較する段階と、
前記比較により第1転換決定変数が第1基準値より小さければ、前記第1ステップサイズ減少段階以降を行うことを特徴とする請求項4記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 6】 前記第1転換段階は、前記比較により第1転換決定変数が第1基準値より大きいか等しければ、第2アルゴリズムに転換することを特徴とする請求項5記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 7】 前記第2変更段階は、前記エラー値に反比例する値と、前記第2アルゴリズムのステップサイズの最大値とのうち、小さい値を前記第2ステップサイズと決定することを特徴とする請求項6記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 8】 前記第2適応化段階は、
実行される前記第2アルゴリズムに対応する前記エラー値を第2スレッショルド値と比較する段階と、
前記比較により前記エラー値が前記第2スレッショルド値より小さければ、前記第2アルゴリズムの実行回数により前記第2ステップサイズを減少させる段階と、
前記減少された第2ステップサイズを用いて前記第1アルゴリズムを実行する段階とを含むことを特徴とする請求項6記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 9】 前記第2比較段階は、
前記比較により前記エラー値が第2スレッショルド値より大きいか等しければ、第2転換決定変数値を既に設定された大きさほど増加させる段階と、

前記増加された第2転換決定変数値を第2基準値と比較する段階と、
前記比較により第2転換決定変数値が第2基準値より小さければ、前記第2ステップサイズ減少段階以降を行う段階を含むことを特徴とする請求項8記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 10】 前記第2転換段階は、前記比較により第2転換決定変数値が第2基準値より大きいか等しければ、第1アルゴリズムに転換することを特徴とする請求項9記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項 11】 前記第1アルゴリズムはゴダッドアル

ゴリズムであることを特徴とする請求項10記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項12】 前記第2アルゴリズムはDDAアルゴリズムであることを特徴とする請求項11記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項13】 前記転換決定変数はアルゴリズム転換の敏感度を決定するための変数であることを特徴とする請求項12記載のブラインド等化システムの制御方法。

【請求項14】 前記エラー値は、等化された信号と配列上で前記等化された信号に対応する決定ポイント間の距離値 e_i に基づいて、次の式により計算される距離平均値 d_i であることを特徴とする請求項1記載のブラインド等化システムの制御方法。

【数1】

$$d_i = (1/N) \cdot \sum_{i=n-N+1}^{i=n} |e_i|$$

【請求項15】 デジタル通信の受信されたデータ信号を等化アルゴリズムにより発生される等化係数によってブラインド等化するためのブラインド等化システムの制御方法であって、

各等化係数によってブラインド等化した場合のエラー値を検出する段階と、

前記エラー値が所定値より大きい場合は、第1アルゴリズムで前記等化係数のステップサイズを減少させながらブラインド等化を行う段階と、

前記エラー値が所定値より小さい場合は、前記第1アルゴリズムと異なる第2アルゴリズムで前記等化係数のステップサイズを減少させながらブラインド等化を行う段階との繰り返しを含むことを特徴とするブラインド等化システムの制御方法。

【請求項16】 デジタル通信の受信されたデータ信号を等化アルゴリズムにより発生される等化係数によってブラインド等化するためのブラインド等化システムであって、

各等化係数によってブラインド等化した場合のエラー値を検出する検出手段と、

第1アルゴリズムで前記等化係数のステップサイズを減少させながらブラインド等化を行う第1等化手段と、

前記第1アルゴリズムと異なる第2アルゴリズムで前記等化係数のステップサイズを減少させながらブラインド等化を行う第2等化手段と、

前記エラー値が所定値より大きい場合は前記第1等化手段を選択し、前記エラー値が所定値より小さい場合は前記第2等化手段を選択する等化制御手段とを含むことを特徴とするブラインド等化システム。

【請求項17】 前記検出手段は、等化された信号と配列上で前記等化された信号に対応する決定ポイント間の距離値 e を算出する距離値算出手段と、

所定数の前記距離値 e_i ($i = n - N + 1 \sim n$)から平均距離値 d_i を算出する平均値算出手段とを備えることを特徴とする請求項16記載のブラインド等化システム。

【請求項18】 前記平均値算出手段は、距離値 e_i ($i = n - N \sim n - 1$)を記憶する円形バッファと、前記円形バッファに記憶された距離値 e_i ($i = n - N \sim n - 1$)と e_n とを累積して、前記累積値から距離値 e_{n-1} を減算する演算器と、前記演算器の演算結果に $1/N$ を乗算して、平均距離値 d_i を出力する乗算器とを備えることを特徴とする請求項17記載のブラインド等化システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はデジタル通信のモデルにおける信号等化に係り、特にブラインド等化システム及びその制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 デジタル通信において、送信側は、送信信号の一定区間毎に所定の訓練信号(Training Sequence)を挿入して伝送し、受信側は、この訓練信号を検出して認識することにより、伝送された信号のパターンを識別して信号等化を行う。しかし、送信側で訓練信号と共に伝送できない場合があり、この場合、受信側では受信された信号のパターン及び状態などが分からなくなる。このような訓練信号が含まれていない伝送信号を受信して等化する方法を、ブラインド等化という。かかるブラインド等化方式の等化器は、一般に、主として音声帯域モデルや完全デジタル高画質TV(HDTV)などのデジタル通信モデルに使われる。ブラインド等化アルゴリズムには、ゴダッドアルゴリズム(Godard Algorithm)、停止及び実行アルゴリズム(以下、SGAと称する)及び決定志向アルゴリズム(DecisionDirected Algorithm: 以下、DDAと称する)などがある。ゴダッドアルゴリズムは、D・N・Godardの“Self-recovering equalizer and carrier tracking in two dimensional data communication”, IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-28, No. 11, pp. 1867-1875, November 1980で論議されている。

【0003】 一般に、DDAは受信された信号のチャネル歪がある程度取り除かれない状態では収束しないので、始めからDDAを適用する場合は等化に失敗することもある。従って、チャネル歪がひどい場合も良好な収束が得られるゴダッドアルゴリズムを先に実行した後、DDAなどで微細な等化を実行すべきである。かかるブラインド等化システムにおいて、まず、印加される等化されない信号 Y に対してゴダッドアルゴリズムを用いて等化を遂行する。ゴダッドアルゴリズムを用いた信号等化の回数が一定した回数に達すれば、ブラインド等化システムはDDAで信号等化を行うよう制御される。その後に、印加される信号 Y は、またはそれを代替でき

るSGAまたは変形されたSGAにより微細に等化される。かかる方式でゴダッドアルゴリズムまたはDDAにより得られる係数C₀は、ブラインド等化器のタップ加重値(tap-weights)の更新に用いられる。

【0004】しかし、従来のブラインド等化システムでは、単にゴダッドアルゴリズムを定められた回数ほど用いた後にDDAなどに転換するので、等化が不良になる問題点がある。のみならず、等化係数のステップサイズを各アルゴリズムで一率に適用するので等化器の安定な収束が得にくい問題点がある。かかる問題点を解決した先行技術としては、1993年1月27日付けにて公開されたPaikeなどのヨーロッパ特許0,524,559号がある。この先行技術は、ゴダッドアルゴリズムの一種であるCMA(Constant Modulus Algorithm)を用いて等化係数を初期化させる。この等化係数により等化された信号の位相エラーが所定スレッショルド値と一致すれば、DDAが行われる。DDAを行う途中で位相エラーが前記のスレッショルド値と一致しなければ、CMAが再び行われる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、ブラインド等化システムにおいてゴダッドアルゴリズムとDDA間の転換を、受信信号の収束程度に応じて適応的に行うブラインド等化システム及びその制御方法を提供することである。また、本発明の等化係数のステップサイズを適応的に変化させうるブラインド等化システム及びその制御方法を提供する。

【0006】

【課題を解決するための手段】前述した本発明の目的は、デジタル通信の受信されたデータ信号を等化アルゴリズムにより発生される等化係数によってブラインド等化するためのブラインド等化システムの制御方法であって、前記等化係数のステップサイズを所定値に初期化する段階と、前記ステップサイズにより位相エラーを問わずチャネル歪を取り除く第1アルゴリズムを所定回数ほど実行する初期等化段階と、前記初期等化の第1アルゴリズムに対応するエラー値を用いて、前記ステップサイズを第1ステップサイズに変更する第1変更段階と、前記変更された第1ステップサイズで前記第1アルゴリズムを実行し、前記第1ステップサイズを適応的に変更させる第1適応等化段階と、前記第1適応等化段階の実行に対応して変化する第1転換決定変数値の大きさを第1基準値と比較する第1比較段階と、前記第1比較段階の比較結果により、前記等化係数発生のためのアルゴリズムを第2アルゴリズムに転換する第1転換段階と、前記第2アルゴリズムを実行して、第2アルゴリズムの実行によるエラー値を用いて前記ステップサイズを第2ステップサイズに変更する第2変更段階と、前記変更された第2ステップサイズにより前記第2アルゴリズムを実行し、前記第2ステップサイズを適応的に可変させる第2

適応等化段階と、前記第2適応等化段階の実行に対応して変化する第2転換決定変数値の大きさを第2基準値と比較する第2比較段階と、前記第2比較段階の比較結果により、前記等化係数発生のためのアルゴリズムを前記第2アルゴリズムから前記第1アルゴリズムに転換する第2転換段階とを含むことを特徴とするブラインド等化システムの制御方法により達成される。

【0007】又、デジタル通信の受信されたデータ信号を等化アルゴリズムにより発生される等化係数によって

10 ブラインド等化するためのブラインド等化システムの制御方法であって、各等化係数によってブラインド等化した場合のエラー値を検出する段階と、前記エラー値が所定値より大きい場合は、第1アルゴリズムで前記等化係数のステップサイズを減少させながらブラインド等化を行う段階と、前記エラー値が所定値より小さい場合は、前記第1アルゴリズムと異なる第2アルゴリズムで前記等化係数のステップサイズを減少させながらブラインド等化を行う段階との繰り返しを含むことを特徴とするブラインド等化システムの制御方法により達成される。

20 【0008】又、デジタル通信の受信されたデータ信号を等化アルゴリズムにより発生される等化係数によってブラインド等化するためのブラインド等化システムであって、各等化係数によってブラインド等化した場合のエラー値を検出する検出手段と、第1アルゴリズムで前記等化係数のステップサイズを減少させながらブラインド等化を行う第1等化手段と、前記第1アルゴリズムと異なる第2アルゴリズムで前記等化係数のステップサイズを減少させながらブラインド等化を行う第2等化手段と、前記エラー値が所定値より大きい場合は前記第1等化手段を選択し、前記エラー値が所定値より小さい場合は前記第2等化手段を選択する等化制御手段とを含むことを特徴とするブラインド等化システムにより達成される。

30 【0009】ここで、前記検出手段は、等化された信号と配列上で前記等化された信号に対応する決定ポイント間の距離値e_iを算出する距離値算出手段と、所定数の前記距離値e_i(i=n-N+1~n)から平均距離値d_iを算出する平均値算出手段とを備える。又、前記平均値算出手段は、距離値e_i(i=n-N~n-1)を記憶する円形バッファと、前記円形バッファに記憶された距離値e_i(i=n-N~n-1)とe_iとを累積して、前記累積値から距離値e_{i+1}を減算する演算器と、前記演算器の演算結果に1/Nを乗算して、平均距離値d_iを出力する乗算器とを備える。

【0010】

【実施例】以下、添付した図面に基づき本発明の好適な実施例を詳細に説明する。図1は本実施例のブラインド等化システムのブロック図である。図1のブラインド等化システムにおいて、まずゴダッドアルゴリズム実行部50 13は、印加される等化されない信号Y₀に対してゴダ

ッドアルゴリズムを用いて等化を遂行する。そして、ゴダッドアルゴリズムを用いた信号等化が以下に示す所定の条件に達すれば、ブラインド等化システムは、切換制御部15によりゴダッドアルゴリズム実行部13からDDA実行部14に切り換え、DDA実行部14で信号等化を行うよう制御される。その後に、印加される信号Y_nは、DDA実行部14のDDAまたはそれを代替できるSGAまたは変形されたSGAにより微細に等化される。かかる方式でゴダッドアルゴリズム実行部13またはDDA実行部14により得られる係数C_nは、ブラインド等化器11のタップ加重値(tap-weights)の更新に用いられる。

【0011】切換制御部15は、ブラインド等化器11の出力信号Z_nとスライサ決定手段12から出力される最終的に決定されたデータa_nとから、決定ポイント間の距離e_nを算出する距離演算部15aと、所定数の決定ポイント間の距離e_nから平均距離値d_nを算出する平均値演算部15bと、平均距離値d_nに基づいて、ゴ

$$d_n = (1/N) \cdot \sum_{i=n-N+1}^{n-1} |e_i|$$

距離e_nは次の式(2)のように定義される。

$$e_n = e_{n,R} + j e_{n,I}$$

ここで、“e_{n,R}”及び“e_{n,I}”は、ある種のエラー距離値e_nの実数部及び虚数部をそれぞれ示し、次の式

$$e_{n,I} = Z_{n,I} - a_{n,I}$$

ここで、“Z_n (= Z_{n,R} + j Z_{n,I})”は、図1のブラインド等化器11の出力データであり、“a_n (a_{n,R} + j a_{n,I})”は、決定手段12により配列上で最終的に決定されたポイントのデータである。したがって、距離値e_nは前述した式(3)を用いた計算により求められ、“Z_n”及び“a_n”を変数とするROMテーブルを用いて求められる。距離平均値d_nの場合、トランスバーサルフィルタ(Transversal Filter)を用いて求められるが、ハードウェアを具現するにおいてかなりの費用がかかる。従って、本実施例では、図2に示した通りの円形バッファまたはFIFO(First-In First-out)メモリを用いて割合に安価な費用で具現する。

【0015】図2は、平均値演算部15bにおける距離平均値d_nの算出方式を説明するための概念図である。図2において、円形バッファ21にはN個の距離値の絶対値|e_{n-1}|, |e_{n-2}|, …, |e_{n-N}|が貯蔵される。この際、ポインタPは、常に一番最初に入力された距離値|e_{n-N}|が貯蔵された位置をポインティングする。現在、新たな距離値|e_n|が図2の装置に入力されれば、円形バッファ21はポインタPにより指示される位置の距離値、即ち、現在の円形バッファ21に貯蔵されたデータのうち一番最初に入力された距離値|e_{n-N}|を演算器23に出力する。演算器23は、自分の加算端子にフィードバックされる距離積算値N·d_nか

ダッドアルゴリズム実行部13とDDA実行部14との切り換えを制御する切換アルゴリズム部15cとを含む。

【0012】以下、切換制御部15の制御を詳細に説明する。まず、本実施例では受信された信号と決定ポイント間の距離の平均値d_nを用いる。この距離平均値d_nは、DDエラーの平均値と等しいもので、アルゴリズム間の転換に用いられる。ここで、受信された信号は、ブラインド等化システムに入力される信号Y_nであり、決定したポイントは、スライサ決定手段12から出力される最終的に決定されたデータa_nである。かかる受信された信号Y_n及び決定データa_nは、前述した図1に示した。前記平均距離値d_nは、ブラインド等化器11の出力信号Z_nと決定ポイント間の距離e_nを用いる次の式(1)により定義される。

【0013】

【数2】

… (1)

【0014】

… (2)

(3)により定義される。

$$e_{n,R} = Z_{n,R} - a_{n,R}$$

… (3)

ら上記の距離値|e_{n-N}|を減算する。そして、演算器23は、新たに入力される距離値|e_n|を、距離値|e_{n-N}|ほど減算された距離積算値N·d_nに加算する。

【0016】一方、新たに入力される距離値|e_n|は、ポインタPにより現在指示されている円形バッファ21の位置、即ち|e_{n-N}|が貯蔵されていた位置に貯蔵される。そして、ポインタPの指示位置は、円形バッファ21に貯蔵されたデータのうち一番最初に入力された距離値の貯蔵位置に移動される。即ち、ポインタPの指示位置が円形バッファ21の|e_{n-N}|から|e_{n-N+1}|に移動され、|e_{n-N+1}|位置に貯蔵されているデータが円形バッファ21に貯蔵されたデータのうち一番最初に入力されたデータとなる。そして、“N-1”個の距離値の入力順位が一段階ずつ早くなる。

【0017】演算器23から出力されるデータN·d_nには、乗算器25により1/Nが掛けられる。その結果、乗算器25は距離平均値d_nを出力する。図1のような等化システムは、このように求められた距離平均値d_nを用いて信号等化のためのアルゴリズムを、ゴダッドアルゴリズムからDDAに、またはDDAからゴダッドアルゴリズムに転換する。

【0018】図3は、本実施例による切換アルゴリズム部15cで行われるアルゴリズム間の転換を説明するた

めの流れ図である。開始段階（ステップ301）は、電源をオンしたりチャネルが変更された状態にあたる。システムの動作が開始されれば、ステップサイズが初期化され、第1フラグ=0とする（ステップ302）。この際、ステップサイズの初期化値は等化システムの特性により実験的に決定される。初期化されたステップサイズによりゴダッドアルゴリズムが実行される（ステップ303）。ゴダッドアルゴリズムが1回実行される毎に第1フラグは1ずつ増加する（ステップ304）。第1フラグは、その値が“3000”より小さいか否かが検査される（ステップ305）。ここで、第1フラグはゴダッドアルゴリズムの実行回数であり、第1フラグの比較基準値として使われた数字“3000”は、等化システムの特性により任意に定められる。

【0019】第1フラグが“3000”より小さければ、前述したステップ303に戻り、ゴダッドアルゴリズムが再び実行される。一方、第1フラグが“3000”より小さくなければ、即ち、ゴダッドアルゴリズムが“3000”回以上実行されればステップ306に進む。ステップサイズが以下のように変更され、同時に第2フラグが“0”にセッティングされる（ステップ306）。ここで、ステップサイズは、等化が安定に収束するように実験的に求めたゴダッドアルゴリズムのステップサイズの最大値と“ K_1 / d_1 ”（ K_1 は任意の定数）の小さい方の値に決定される。かかるステップサイズは距離平均値 d_1 に反比例して変更されるが、その最大値がゴダッドアルゴリズムのステップサイズの最大値を越えないように設定される。このように変更されたステップサイズによりゴダッドアルゴリズムが実行される（ステップ307）。その後、距離平均値 d_1 が所定の第1スレッショルド値より小さいか否かが検査される（ステップ308）。

【0020】ここで、第1スレッショルド値は、ゴダッドアルゴリズムからDDAまたはSGAへの転換を判定するためのスレッショルド値であって、システムの特性により実験的に定められる。平均値 d_1 が第1スレッショルド値より小さくなければ、ステップ307のゴダッドアルゴリズムが再び実行される。ループによりステップ307のゴダッドアルゴリズムが遂行される回数が所定回数毎に、ステップサイズが減少される（ステップ309）。図3の実施例では、ステップサイズの減少のための基準回数を“10000”回と設定したが、システムの特性により任意に設定することができる。そして、ステップ309で減少させるステップサイズは、ハードウェアの特性などにより任意の大きさに設定することができる。

【0021】一方、距離平均値 d_1 が第1スレッショルド値より小さければ、第2フラグが1ずつ増加される（ステップ310）。その後、第2フラグが“5”より小さいか否かが検査される（ステップ311）。第2フ

ラグ値はアルゴリズム転換の敏感度を決定する変数であり、これはシステム特性により実験的に決定される。ステップ311による繰り返しは、ゴダッドアルゴリズムからDDAへのアルゴリズム転換がノイズなどに対して極めて敏感に反応することを防ぐためのものである。第2フラグが“5”より小さければ、ステップ307のゴダッドアルゴリズムが再び実行される。この際も、ループ回数が所定回数毎にステップサイズを減少させる（ステップ309）。一方、第2フラグが“5”より小さくなければ、ゴダッドアルゴリズムからDDAに転換される（ステップ312）。

【0022】等化係数の決定に用いられるアルゴリズムがDDAに転換されれば、ステップサイズが再び変更される（ステップ313）。ステップ313において、ステップサイズは、等化が安定に収束するように実験的に求めたDDAステップサイズの最大値と“ K_2 / d_2 ”（ K_2 は任意の定数）の小さい方の値と決定される。かかるステップサイズは、距離平均値 d_2 に反比例して変更されるが、その最大値がDDAステップサイズのうちの最大値を越えないように設定される。また、第3フラグが“0”と設定される。

【0023】その後、変更されたステップサイズによりDDAが実行される（ステップ314）。続いて、DDAの実行に関連した距離平均値 d_2 が第2スレッショルド値より大きいか否かが検査される（ステップ315）。ここで、第2スレッショルド値はDDAからゴダッドアルゴリズムへの転換を判定するスレッショルド値であって、システムの特性により実験的に定められる。距離平均値 d_2 が第2スレッショルド値より大きくなれば、前のステップ314のDDAが行われるが、かかる帰還回数が“10000”回毎にステップサイズを減少させる（ステップ316）。ここで、帰還回数“10000”回はシステムの特性により任意に設定することができる。そして、ステップ316のステップサイズはハードウェアの特性などにより任意に減少される大きさを設定することができる。

【0024】一方、距離平均値 d_2 が第2スレッショルド値より大きければ、第3フラグが1ずつ増加される（ステップ317）。その後、第3フラグが“5”より小さいか検査される（ステップ318）。この段階（318）はシステムのアルゴリズムがDDAからゴダッドアルゴリズムに転換されるにおいて、このアルゴリズムの転換が極めて敏感になされることを防ぐためのものである。したがって、第3フラグの比較基準値は前述した第2フラグの場合と同様に、アルゴリズム転換の敏感度を決定する基準値があつて、これはシステムの特性により実験的に決定される。

【0025】第3フラグが“5”より小さければ、ステップ314のDDAは再び実行される。この際も前記と同様に、ループ回数が“10000”回毎にステップサ

イズが減少される（ステップ316）。一方、第3フラグが“5”より小さくなれば、DDAからゴダッドアルゴリズムに転換され（ステップ319）、前述したステップ306に戻る。

【0026】このように、本実施例によるブラインド等化システムは、距離の平均値 d_n を求め、この距離平均値 d_n と所定のスレッショルド値とを比較して、ゴダッドアルゴリズムからDDAに、あるいはDDAからゴダッドアルゴリズムにシステムのアルゴリズムを転換する。この際、ゴダッドアルゴリズムまたはDDAが実行される回数によりそれぞれのステップサイズを変化させ、その結果得られる距離平均値をスレッショルド値と繰り返して比較する。

【0027】尚、本実施例の各要素は、高速化に重点を置く場合はハードウェアで実現されてもよいし、構成の簡略化や融通性に重点を置く場合はソフトウェアで実現されてもよい。更に、ハードウェアとソフトウェアとの最適な組み合わせが考えられ、これらも当然本発明に含まれる。

【0028】

【発明の効果】以上述べたように、本発明はアルゴリズ

ムの転換が受信信号の収束程度により適応的になされ、よって受信信号がさらに迅速かつ良好に等化されるブラインド等化システム及びその制御方法が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例のブラインド等化システムを示すブロック図である。

【図2】本実施例の距離平均値の算出方式を実現するための一構成例を示す概念図である。

【図3A】本実施例のブラインド等化システムの制御方法の手順の一例を示す流れ図である。

【図3B】本実施例のブラインド等化システムの制御方法の手順の一例を示す流れ図である。

【符号の説明】

11 ブラインド等化器

12 スライサ決定手段

13 ゴダッドアルゴリズム実行部

14 DDA実行部

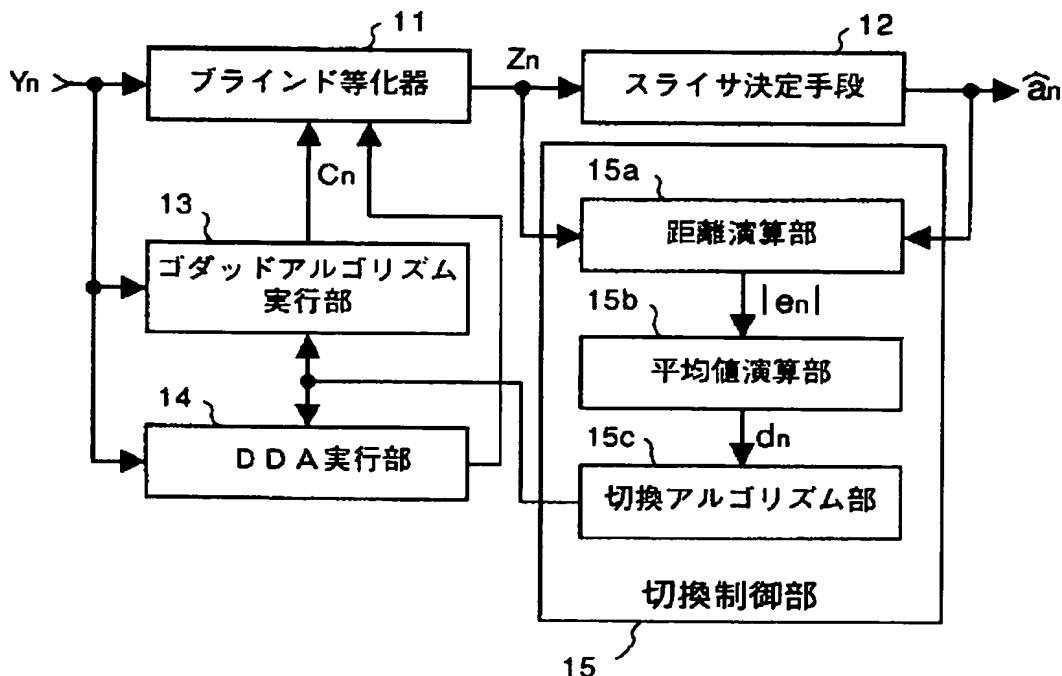
15 切換制御部

15a 距離演算部

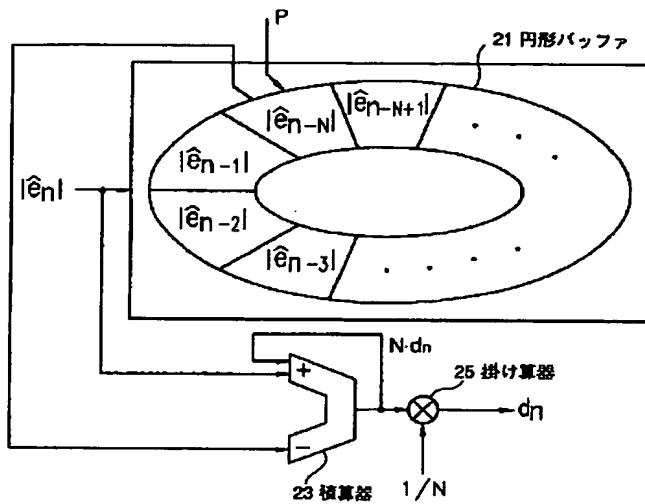
15b 平均値演算部

15c 切換アルゴリズム部

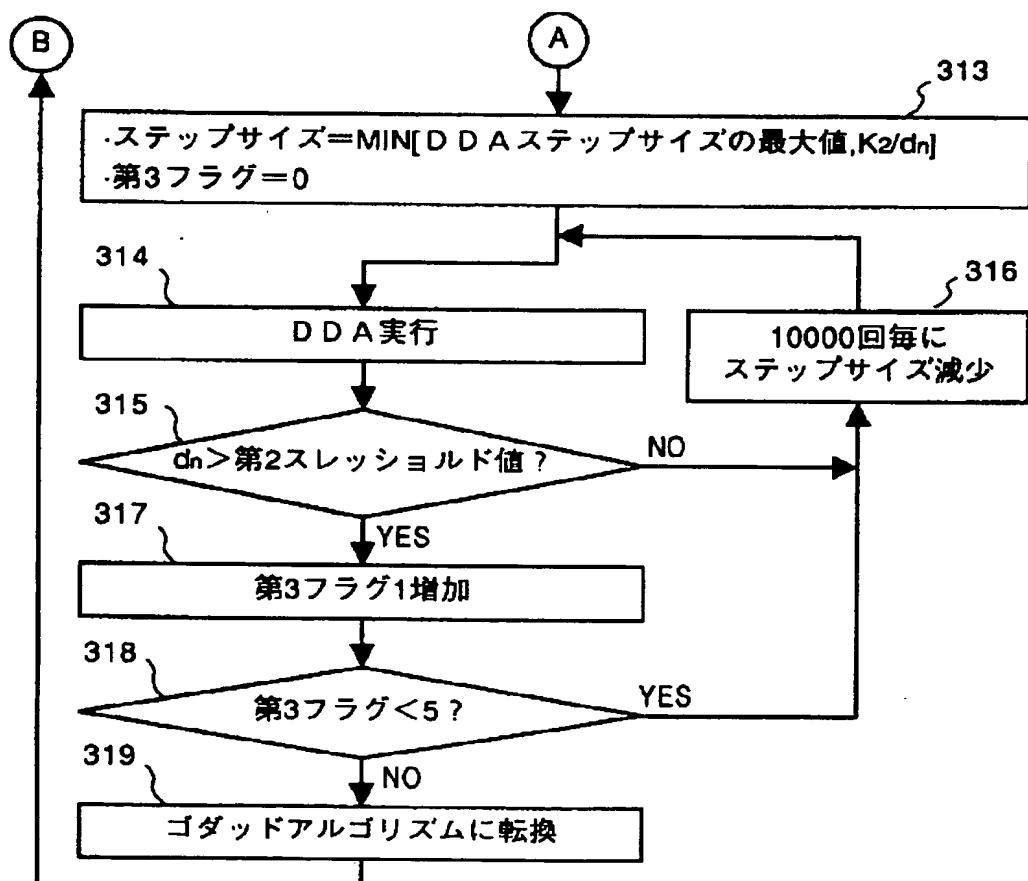
【図1】



【図 2】



【図 3 B】



【図3A】

